

SINTESIS SUPERKONDUKTOR BPSCCO/Ag MENGUNAKAN METODE PADATAN



Disusun oleh :
TATIK YULIATI
M 0206011

SKRIPSI
Diajukan untuk memenuhi sebagian
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains Fisika

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2010

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Superkonduktor adalah bahan yang dapat menghantarkan arus listrik tanpa hambatan. Seiring perkembangan teknologi, superkonduktor semakin banyak digunakan, misalnya dalam bidang perkeretaapian yaitu kereta api super cepat yang dikenal dengan sebutan Magnetik Levitation (MagLev) dan pembuatan elektromagnet. Di bidang medis untuk pembuatan alat diagnosis Magnetic Resonance Imaging.

Gejala superkonduktivitas pertama kali ditemukan oleh seorang Fisikawan Belanda Heike Kamerlingh Onnes pada tahun 1911 di Leiden Belanda. Dalam penelitiannya diamati bahwa hambatan listrik merkuri (Hg) mendadak menuju nol ketika suhunya diturunkan sampai mendekati 4K atau -269°C . Temperatur terjadinya peristiwa superkonduktivitas disebut dengan temperatur transisi atau temperatur kritis (T_c), dimana suatu bahan berada dalam fase transisi yaitu dari kondisi yang memiliki hambatan listrik normal ke kondisi superkonduksi (Windartun, 2010).

Kendala terbesar yang masih menghadang terapan superkonduktor adalah bahwa superkonduktivitas bahan barulah muncul pada suhu yang amat rendah, jauh dibawah 0°C . dengan demikian niat penghematan pemakaian daya listrik masih harus bersaing dengan biaya pendinginan yang harus dilakukan. Oleh sebab itulah para peneliti sampai sekarang terus berlomba-lomba menemukan bahan superkonduktor yang dapat beroperasi pada suhu tinggi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh H. Maeda pada tahun 1988 teridentifikasi bahwa superkonduktor *BSCCO* memiliki 3 fasa yaitu fasa 2201, fasa 2212, dan fasa 2223. Suhu kritis dari fasa 2201, fasa 2212, dan fasa 2223 secara berturut-turut adalah 10 K, 80 K, dan 110 K. *BSCCO* ini memiliki sifat mekanik yang bagus sehingga mudah dibentuk, tidak mudah patah, tidak beracun dan dapat dikembangkan untuk pembuatan lapisan tipis. Fasa 2223 paling

potensial untuk aplikasi dibandingkan dengan fasa-fasa lainnya karena suhu kritisnya tinggi. Kendala yang dihadapi dalam mendapatkan fasa 2223 murni adalah ketika mensintesa fasa 2223 masih tercampuri dengan fasa lain yang tidak menguntungkan maupun pengotor seperti Ca_2PbO_4 (Purwati, 2002).

Di lihat dari penelitian-penelitian yang digunakan untuk tugas akhir yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, biasanya dalam mengetahui karakteristik sampel superkonduktor hanya melalui uji *XRD* (untuk mengetahui struktur kristal dari sampel) dan uji *Meissner* (untuk mengetahui ada tidaknya efek *Meissner* pada sampel). Sehingga dalam penelitian ini, kami akan menambahkan satu pengujian lagi yaitu uji T_c (suhu kritis). Uji T_c ini yaitu untuk mengetahui hubungan antara harga resistivitas dan suhu, dimana dari grafik tersebut dapat diketahui nilai suhu kritisnya. Selain itu, alasan penambahan uji T_c adalah ingin memanfaatkan alat uji T_c yang belum pernah digunakan padahal alat tersebut bisa menambah pengetahuan dalam mengetahui karakteristik dari suatu sampel superkonduktor. Alat uji T_c tersebut adalah *Leybold Didactic GMBH 666 205*.

Metode yang digunakan dalam sintesis superkonduktor BSCCO dalam penelitian ini adalah metode reaksi padatan. Metode ini digunakan karena memiliki keuntungan antara lain mudah dibuat dan sederhana serta tidak mahal dalam mensintesa bahan superkonduktor. Dalam mensintesa superkonduktor BSCCO dengan menggunakan metode padatan ini diharapkan mendapatkan homogenitas yang tinggi. Karena dalam produksi besar, kehomogenan campuran lebih baik sehingga didapatkan mutu superkonduktor yang baik (Santosa, 1996).

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dituliskan perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pembuatan Superkonduktor BPSCCO/Ag dengan metode reaksi padatan?
2. Bagaimana karakteristik Superkonduktor BPSCCO/Ag berdasarkan uji *Meissner* , uji *T_c* dan uji *XRD*?

I.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan pembuatan Superkonduktor dengan metode reaksi padatan.
2. Mengetahui hasil karakteristik Superkonduktor BPSCCO/Ag berdasarkan uji *Meissner* , uji *T_c* dan uji *XRD*.

I.4. Batasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada superkonduktor BPSCCO/Ag yang dibuat dengan metode reaksi padatan dengan rumus kimia $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{Ag}_{0,5}\text{O}_{10+\delta}$ dan $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{Ag}_{1,0}\text{O}_{10+\delta}$ kemudian dikarakterisasi melalui uji *Meissner*, uji *T_c* dan uji *XRD*.

I.5. Manfaat Penelitian

Dapat memanfaatkan alat uji *T_c* yang belum pernah digunakan, dimana alat tersebut sebenarnya sangat bermanfaat untuk mengetahui karakteristik dari suatu sampel superkonduktor yaitu mengetahui nilai suhu kritis sampel yang dibuat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Definisi Superkonduktor

Suatu bahan superkonduktor merupakan material yang dapat menghantarkan arus listrik tanpa adanya hambatan, sehingga dapat mengalirkan arus listrik tanpa kehilangan daya sedikitpun (Suprihatin, 2008). Superkonduktor adalah unsur atau alloy metal yang jika didinginkan sampai mendekati suhu nol mutlak (0 K), menjadi hilang tahananannya. Pada prinsipnya, superkonduktor dapat mengalirkan arus listrik tanpa kehilangan energi. Namun secara praktek, superkonduktor ideal sangat sulit untuk dihasilkan (Aruku, 2009). Superkonduktor adalah suatu material yang tidak memiliki hambatan di bawah suatu nilai suhu tertentu. Suatu superkonduktor dapat saja berupa suatu konduktor, semikonduktor ataupun suatu insulator pada keadaan ruang (Ismunandar, 2002).

II.2. Sejarah Superkonduktor

Bahan superkonduktor pertama kali ditemukan pada tahun 1911 oleh seorang fisikawan Belanda dari Universitas Leiden yaitu Heike Kamerlingh Onnes. Pada tanggal 10 Juli 1908, Onnes mencairkan helium dengan cara mendinginkan hingga suhu 4 K atau 269°C. Kemudian Onnes pada tahun 1911 mulai mempelajari sifat-sifat listrik dari logam pada suhu yang sangat dingin. Pada saat itu diketahui bahwa hambatan dari suatu logam akan menurun ketika didinginkan dibawah suhu ruang, tetapi belum ada yang dapat mengetahui berapa batas bawah hambatan yang dicapai ketika temperatur logam mendekati 0 K atau nol mutlak. Beberapa ilmuwan lainnya, William Kelvin memperkirakan bahwa elektron yang mengalir dalam konduktor akan berhenti ketika suhu mencapai nol mutlak. Sedangkan ilmuwan yang lain termasuk Onnes memperkirakan bahwa hambatan akan menghilang pada suhu mencapai nol mutlak. Untuk mengetahui yang sebenarnya terjadi, kemudian Onnes mengalirkan

arus pada kawat merkuri yang sangat murni dan sambil menurunkan suhunya Onnes mengukur hambatannya. Ketika pada suhu 4,2 K, Onnes melihat hambatannya tiba-tiba menjadi hilang tetapi arusnya mengalir melalui kawat merkuri terus-menerus.

Pada keadaan tidak adanya hambatan, maka arus dapat mengalir tanpa kehilangan energi sedikitpun. Onnes dengan percobaannya yaitu mengalirkan arus pada suatu kumparan superkonduktor dalam suatu rangkaian tertutup dan kemudian sumber arusnya dicabut. Satu tahun kemudian, Onnes mengukur arusnya ternyata arus masih tetap mengalir. Kemudian oleh Onnes fenomena ini diberi nama superkonduktivitas. Atas penemuannya itu, Onnes dianugerahi Nobel Fisika pada tahun 1913.

Pada tahun 1933, fisikawan Walter Meissner dan Robert Ochsenfeld menemukan bahwa bahan superkonduktor akan menolak medan magnet. Telah diketahui, jika suatu konduktor digerakkan dalam medan magnet maka arus induksi akan mengalir dalam konduktor tersebut. Akan tetapi, arus dalam bahan superkonduktor yang dihasilkan tepat berlawanan dengan medan tersebut sehingga material superkonduktor tidak dapat ditembus oleh medan tersebut. Dengan demikian magnet tersebut akan ditolak. Fenomena ini dikenal dengan istilah Diamagnetisme dan efek ini kemudian dinamakan Efek Meissner (Ismunandar, 2002).

Pada tahun 1957, tiga orang fisikawan yaitu Barden, Cooper dan Schrieffer mengajukan teori tentang superkonduktor yaitu bahwa elektron-elektron dalam superkonduktor selalu dalam keadaan berpasangan-pasangan dan seluruhnya berada dalam keadaan kuantum yang sama, pasangan-pasangan ini disebut pasangan Cooper. Teori ini dikenal dengan nama teori BCS. Teori BCS ini menjadikan ketiga ilmuwan tersebut memenangkan hadiah Nobel pada tahun 1972.

Pada tahun 1986 Fisikawan dari Switzerland yaitu Alex Müller and Georg Bednorz, melakukan penelitian di Laboratorium Riset IBM di Rüschlikon. Mereka berhasil membuat suatu keramik yang terdiri dari unsur Lanthanum,

Barium, Tembaga, dan Oksigen yang bersifat superkonduktor pada suhu tertinggi 30 K. Penemuan ini menjadi populer karena selama ini keramik dikenal sebagai isolator dan pada suhu ruang tidak dapat menghantarkan listrik sama sekali. Setahun kemudian keduanya diberi penghargaan hadiah Nobel (Aruku, 2009).

Pada bulan Februari 1987, ditemukan suatu keramik yang bersifat superkonduktor pada suhu 90 K. Dengan demikian dapat digunakan nitrogen cair sebagai pendinginnya. Karena suhunya cukup tinggi dibandingkan dengan material superkonduktor yang lain, maka material-material tersebut diberi nama superkonduktor suhu tinggi. Suhu tertinggi suatu bahan menjadi superkonduktor saat ini adalah 138 K, yaitu untuk suatu bahan yang memiliki rumus $\text{Hg}_{0.8}\text{Tl}_{0.2}\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8.33}$ (Ismunandar, 2002).

Perkembangan bahan superkonduktor dari saat pertama kali ditemukan sampai sekarang dapat diikuti pada tabel di bawah ini:

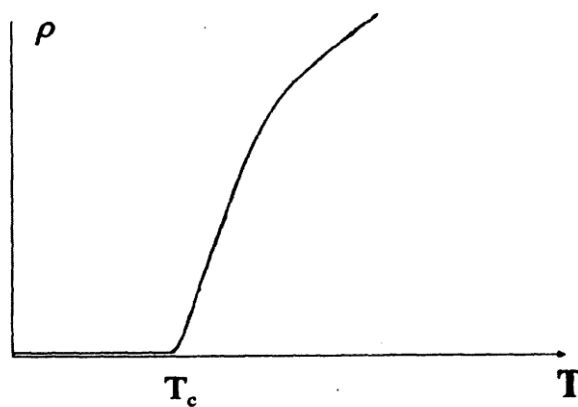
Tabel 2.1. Perkembangan Bahan Superkonduktor (Pikatan, 1989)

<i>Bahan</i>	<i>T_c (K)</i>	<i>Ditemukan</i>
Raksa Hg	4,2	1911
Timbal Pb	7,2	1913
Niobium nitrida	16,0	1960-an
Niobium-3-timah	18,1	1960-an
$\text{Al}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}\text{Nb}_3$	20,7	1960-an
Niobium germanium	23,2	1973
Lanthanum barium tembaga oksida	28	1985
Yttrium barium tembaga oksida (1-2-3 atau YBCO)	93	1987
Thalium barium kalsium tembaga oksida	125	1987

II. 3. Karakteristik Bahan Superkonduktor

II.3.1. Hambatan Jenis (*Resistivitas*) Nol

Pada suhu rendah, bahan superkonduktor memiliki resistivitas sama dengan nol ($\rho = 0$). Material yang didinginkan di dalam nitrogen cair atau helium cair, resistivitas material ini akan turun seiring dengan penurunan suhu. Pada suhu tertentu, resistivitas material akan turun secara drastis menjadi nol. Suhu dimana resistivitas material turun drastis menjadi nol ini disebut dengan suhu kritis (T_c), yaitu terjadinya transisi dari keadaan normal ke keadaan superkonduktor (Pikatan, 1989). Hubungan antara resistivitas dengan suhu terlihat pada Gambar 2.1.

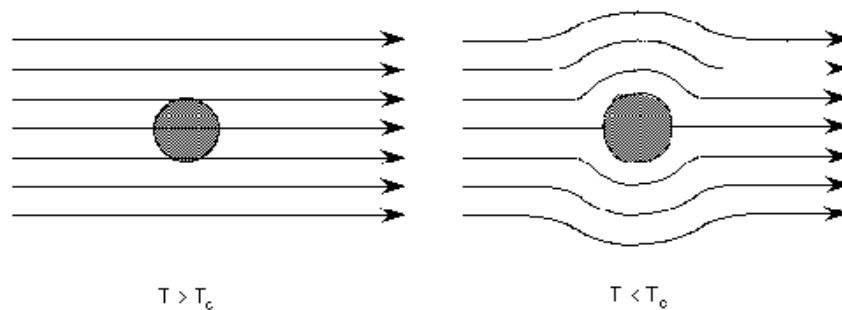


Gambar 2.1. Grafik hubungan antara resistivitas listrik terhadap suhu (Pikatan, 1989)

Dari Gambar 2.1, Pada saat suhu $T > T_c$ bahan dikatakan berada dalam keadaan normal yang artinya bahan tersebut memiliki resistansi listrik. Transisi ke keadaan normal ini dapat berupa konduktor, penghantar yang jelek dan bahkan ada yang menjadi isolator. Untuk suhu $T \leq T_c$ bahan berada dalam keadaan superkonduktor, yang artinya bahan akan menolak medan yang datang, disebabkan karena medan luar yang diberikan selalu sama besar dengan magnetisasi bahan. Hal ini ditandai dengan resistivitasnya turun drastis menjadi nol.

II.3.2. Efek *Meissner*

Pada tahun 1933, *Meissner* dan *Ochsenfeld* mengamati sifat kemagnetan superkonduktor. Ternyata superkonduktor berkelakuan seperti bahan diamagnetik sempurna. Bahan superkonduktor menolak medan magnet sehingga apabila sebuah magnet tetap diletakkan di atas bahan superkonduktor maka magnet tersebut akan melayang. Jadi kerentanan magnetnya (susceptibility) $\chi = -1$, dibandingkan dengan konduktor biasa yang $\chi = -10^{-5}$. Fenomena ini dikenal dengan nama efek *Meissner*. Jika bahan non superkonduktor diletakkan di atas suatu medan magnet, maka fluks magnet akan menerobos ke dalam bahan, sehingga terjadi induksi magnet di dalam bahan. Sebaliknya, jika bahan superkonduktor yang berada di bawah suhu kritisnya dikenai medan magnet, maka superkonduktor akan menolak fluks magnet yang mengenainya (Pikatan, 1989).



Gambar 2.2. Efek *Meissner* (Windartun, 2010)



Gambar 2.3. Bahan Superkonduktor dapat Melayangkan Magnet Di Atasnya (Ismunandar, 2002)

Perbedaan dan persamaan antara konduktor bagus dengan superkonduktor adalah dalam hal resistivitas (ρ) dan efek *Meissner*. Persamaannya adalah bahwa kedua kelompok bahan ini memiliki resistivitas nol ($\rho = 0$), sehingga nilai hambatan (R) listriknya pun nol. Perbedaannya adalah bahwa konduktor bagus tidak memiliki efek *Meissner*, sedangkan superkonduktor memiliki efek *Meissner*.

II.4. Superkonduktor Sistem *BSCCO*

Superkonduktor sistem *BSCCO* merupakan superkonduktor oksida keramik yang mempunyai struktur berlapis-lapis sehingga menyebabkan bahan superkonduktor sistem *BSCCO* sangat rapuh dan mudah patah. Selain itu, superkonduktor sistem *BSCCO* memiliki sifat anisotropi superkonduktivitas yang tinggi dan panjang koherensi yang pendek (Herlyn, 2008).

Superkonduktor sistem *BSCCO* memiliki beberapa keunggulan dan keistimewaan dibandingkan superkonduktor keramik yang lainnya karena suhu kritisnya (T_c) relatif tinggi dan tidak mengandung unsur beracun. Dalam superkonduktor sistem *BSCCO* dikenal 3 fasa superkonduktif yaitu fasa 2201 dengan komposisi Bi_2Sr_2CuO memiliki suhu kritis (T_c) sebesar 10 K, fasa 2212 dengan komposisi $Bi_2Sr_2CaCu_2O$ memiliki suhu kritis (T_c) sebesar 80 K dan fasa 2223 dengan komposisi $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O$ memiliki suhu kritis (T_c) sebesar 110 K (Siswanto, 1999).

II.5. Doping Superkonduktor Sistem *BSCCO*

Berbagai upaya untuk meningkatkan harga T_c dan fraksi volume fasa 2223 yang dominan pada superkonduktor sistem *BSCCO* telah dilakukan oleh beberapa peneliti, salah satunya dengan cara memberi beberapa doping yang menurut Rachmawati (2009) telah dilakukan peneliti diantaranya adalah :

1. Yamada, dkk (1988), mensintesa superkonduktor sistem *BSCCO* menggunakan doping Pb, sehingga terbentuk sistem superkonduktor (*Bi-Pb*)*SrCaCuO*.
2. Tae-Su Han, dkk (1988), mensintesa superkonduktor sistem *BSCCO* menggunakan doping Ce, sehingga terbentuk sistem superkonduktor *Bi₂Sr₂Ca_{1-x}Ce_xCu₂O_y*. Doping Ce pada superkonduktor sistem *BSCCO* dimaksudkan untuk memberikan doping pada Ca, dimana Ce^{4+} dan Ca^{2+} .
3. Zhu Wenjie, dkk (1988), mensintesa superkonduktor sistem *BSCCO* dengan berbagai doping, yaitu:

Tabel 2.2. Hasil Sintesis Superkonduktor *BSCCO* (Julianto, 2003)

Doping	Fasa	Tc
Pb	2223	108
In	2212+2201+impurity	72
Sb	2212+2201+impurity	-
Nb	2212+2201+impurity	61

4. E. Sukirman, dkk (1988), mensintesa superkonduktor sistem *BSCCO* memberikan doping Pb dan Sb sehingga menjadi sistem (*BiPb*)*Sr(CaSb)CuO*. Karena Pb memiliki nomor atom yang mendekati Bi, juga memiliki konfigurasi electron terluar yang sama untuk Bi^{3+} dan Pb^{2+} , sedangkan Sb^{3+} dirancang menggantikan Ca^{2+} . Hasil yang dicapai ternyata mampu meningkatkan fraksi volume fasa 2223.

Selain itu beberapa mahasiswa Fisika FMIPA UNS telah melakukan penelitian sintesis superkonduktor *BSCCO* dengan berbagai metode, yaitu metode sol gel dan metode padatan. Beberapa doping yang dilakukan diantaranya adalah:

1. Risdiyani Chasanah (2008), mensintesis superkonduktor *BSCCO* menggunakan doping Pb dan Ag, dengan perbandingan stoikiometri *Bi_{1,8}Pb_{0,4}Sr₂Ca_{2,2}Cu₃Ag_xO_{10-δ}* dengan $x=0,0$; $x=0,5$ dan $x=1,0$. Metode yang digunakan untuk mensintesis superkonduktor adalah metode sol gel.

Sampel disintering pada suhu 840°C selama 96 jam. Dari hasil analisis, sampel yang dibuat dengan perbandingan stoikiometri $Bi_{1,8}Pb_{0,4}Sr_2Ca_{2,2}Cu_3Ag_{1,0}O_{10-\delta}$ mengalami efek *Meissner* yang kuat yaitu sebagian super magnet tertolak oleh superkonduktor.

2. Tita Yunita (2008), mensintesis superkonduktor *BSCCO* menggunakan doping Pb dan Ag, dengan perbandingan stoikiometri $Bi_{1,8}Pb_{0,4}Sr_2Ca_{2,2}Cu_3Ag_xO_{10-\delta}$ dengan $x=0,0$; $x=0,5$ dan $x=1,0$. Metode yang digunakan untuk mensintesis superkonduktor adalah metode padatan. Sampel disintering pada suhu 840°C selama 96 jam. Dari hasil analisis, sampel yang dibuat dengan perbandingan stoikiometri $Bi_{1,8}Pb_{0,4}Sr_2Ca_{2,2}Cu_3Ag_{1,0}O_{10-\delta}$ mengalami efek *Meissner* yang sangat kuat, dimana super magnet yang digunakan untuk melakukan uji *Meissner* terangkat sangat jelas oleh superkonduktor.
3. Auliati Rachmawati (2009), mensintesis superkonduktor *BPSCCO* menggunakan doping Sb pada Bi, dengan perbandingan stoikiometri $Bi_{1,8-x}Pb_{0,2}Sr_xCa_2Cu_3Ag_xO_{10-\delta}$ dengan $x=0,0$ dan $x=0,1$. Metode yang digunakan untuk mensintesis superkonduktor adalah metode padatan. Sampel disintering pada suhu 842°C selama 96 jam. Dari hasil analisis, kedua sample tidak menunjukkan adanya efek *Meissner* yang kuat, magnet untuk uji *Meissner* hanya mengalami pergeseran saja.

II.6. Sintesa Superkonduktor *BSCCO*

Untuk memperoleh fasa tunggal atau kristal tunggal superkonduktor fasa 2223 ada beberapa upaya yang telah dilakukan, seperti penggunaan doping Pb dan doping Ag, doping Pb dan Sb, penggunaan fluks (Bi_2O_3 , KCl, dan NaCl). Selain itu juga dilakukan dengan mengubah beberapa parameter pemrosesan seperti variasi komposisi awal. Namun semua penelitian tersebut belum mampu menghasilkan sampel sesuai yang diharapkan (Rachmawati, 2009).

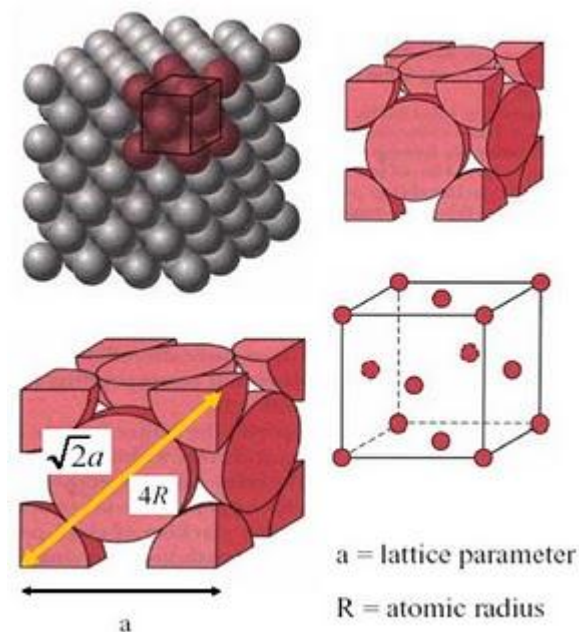
Superkonduktor fasa 2223 adalah superkonduktor yang memiliki T_c paling tinggi daripada fasa 2201 dan 2212, sehingga banyak penelitian dilakukan

untuk mendapatkan fasa 2223 yang murni. Proses pembuatan superkonduktor dapat dilakukan dengan metode padatan yaitu langkah pertama yang harus dilakukan adalah menimbang bahan-bahan superkonduktor yang akan digunakan, lalu digerus dalam mortar yang permukaannya licin, agar serbuk bahan penyusun tidak menempal pada mortar. Penggerusan ini dilakukan agar memperoleh campuran yang halus dan homogen. Setelah itu bahan dikalsinasi, bahan hasil kalsinasi kemudian digerus ulang. Penggerusan kedua ini bertujuan untuk mendapatkan campuran yang lebih halus dan homogen lagi. Kemudian bahan-bahan tersebut dipres menjadi pelet. Setelah itu, pelet tersebut disintering pada waktu dan suhu yang tepat. Jika waktu dan suhu sintering yang digunakan tepat, maka akan dapat meningkatkan jumlah fasa 2223 yang telah terbentuk pada proses *kalsinasi*.

II.7. Struktur Kristal

II.7.1. Penggolongan Padatan

Secara umum suatu padatan dapat berupa kristal dan amorf. Berupa kristal jika atom-atom tersusun sedemikian rupa sehingga posisinya periodik dan periodisitas keteraturannya tidak berhingga ke segala arah. Sedangkan amorf jika atom-atom tersusun secara tidak periodik atau mempunyai periodisitas keteraturan yang pendek, misalnya kaca, kayu, plastik, dan lain-lain. Sel satuan dapat berisi atom tunggal maupun beberapa atom dalam susunan tertentu. Kristal terdiri dari bidang-bidang atom yang dipisahkan dengan jarak d , tetapi dapat dibagi menjadi beberapa bidang atom yang masing-masing dengan jarak d yang berbeda (Ramelan, 2004). Suatu kristal dapat digambarkan dalam bentuk tiga dimensi dengan struktur berulang seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Contoh struktur kristal kubus pusat muka
(Novyanto, 2008)

II.7.2. Sistem Kristal

Suatu kristal mempunyai bagian terkecil yaitu sel satuan. Kumpulan dari sel satuan yang susunannya teratur membentuk kisi kristal. Kisi kristal yang biasa disebut kisi dapat dikatakan sebagai abstraksi dari kristal, sehingga kisi merupakan pola dasar atau pola geometri dari kristal. Kisi dibedakan menjadi dua kelompok yaitu kisi Bravais dan non-Bravais. Kisi disebut kisi Bravais jika semua titik kisinya ekuivalen, sedangkan kisi non-Bravais jika ada beberapa titik kisi yang tidak ekuivalen. Masing-masing bentuk kristal ditentukan oleh sumbu kristal a , b , c dan sudut kristal α , β , γ . Kisi kristal terbagi dalam tujuh bentuk yaitu triklinik, monoklinik, orthorhombik, tetragonal, kubik, trigonal, dan hexagonal. Berdasarkan geometrinya maka kisi kristal dikenal dengan sistem kristal. Sistem kristal ini dikelompokkan dalam empat belas kisi Bravais seperti pada Tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.3. Sistem kristal dan kisi Bravais (Ramelan, 2004)

No.	Sistem kristal	Kisi Bravais	Sumbu kristal dan sudut kristal pada konvensional sel
1.	Triklinik	Simple Triklinik	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$
2.	Monoklinik	Simple Monoklinik	$a \neq b \neq c$
		Base-centered Monoklinik	$\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$
3.	Orthorhombik	Simple Orthorhombik	$a \neq b \neq c$
		Base-centered Orthorhombik	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
		Face-centered Orthorhombik	
		Body-centered Orthorhombik	
4.	Tetragonal	Simple Tetragonal	$a = b \neq c$
		Body-centered Tetragonal	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
5.	Cubic	Simple Cubic	$a = b = c$
		Face-centered Cubic	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
		Body-centered Cubic	
6.	Trigonal	Simple Trigonal	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma < 120^\circ, \neq 90^\circ$
7.	Hexagonal	Simple Hexagonal	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian selama 4 bulan dari bulan Maret 2010 sampai bulan Juni 2010, penelitian dilakukan di Laboratorium Pusat MIPA UNS dan Laboratorium Kimia FMIPA UGM .

III.2. Alat dan Bahan

III.2.1. Alat Penelitian

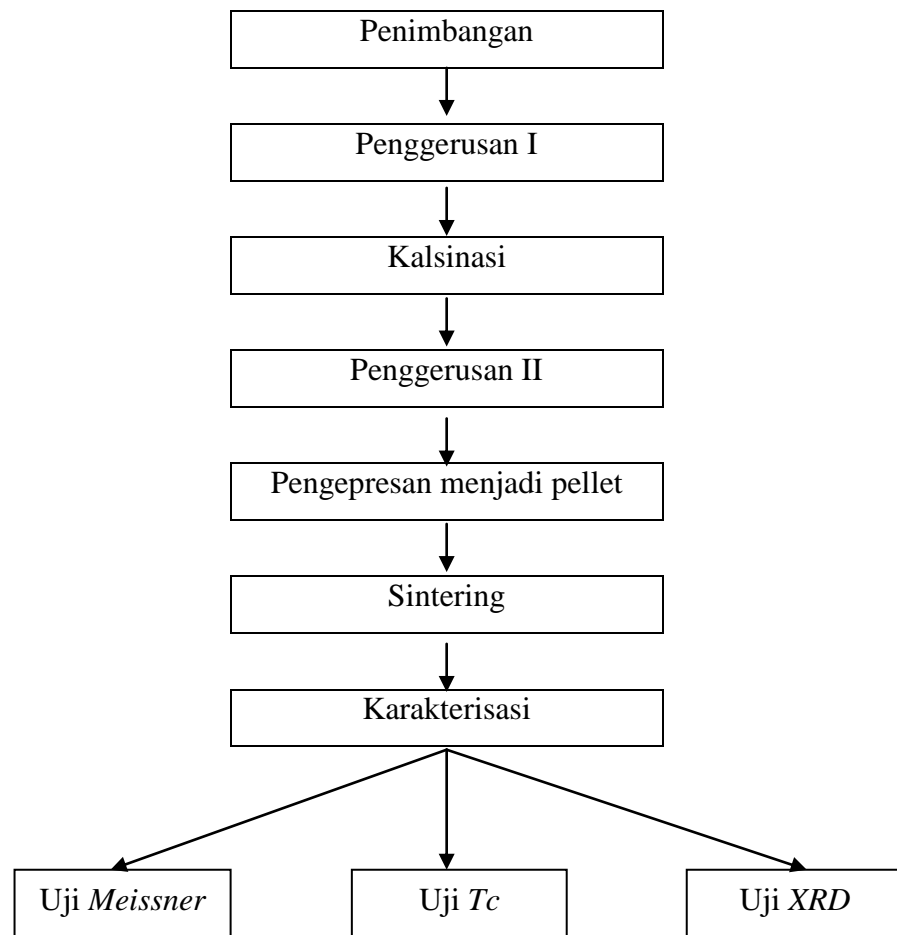
Dalam penelitian ini alat-alat yang digunakan adalah timbangan *Ohaus* yang berfungsi untuk menimbang bahan-bahan yang akan digunakan. Alat penggerus (*pastel* dan *mortar*) yaitu menggerus bahan-bahan superkonduktor. Tungku pemanas (*Furnace Nabertherm*) yang digunakan untuk proses kalsinasi dan sintering. Cawan (*Crucible*) sebagai tempat bahan superkonduktor saat proses kalsinasi dan sintering. Cetakan pelet untuk membentuk bahan superkonduktor menjadi pelet. Alat penekan pelet dengan kemampuan max 10 ton yaitu untuk mengepres pelet agar menjadi padat dan mampat. *Sample holder* sebagai tempat nitrogen cair saat dilakukan karakterisasi. Super magnet berfungsi untuk uji *meissner*. Thermos berisi nitrogen cair dan alat pengukur T_c (*Leybold Didactic GMBH 666 205*) yaitu untuk mengukur suhu kritis dari sampel yang telah dibuat. Alat *Shimadzu XRD 6000* yaitu untuk uji *XRD*.

III.2.2. Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini bahan-bahan yang digunakan adalah $\text{Bi}_5\text{O}(\text{OH})_9(\text{NO}_3)_4$ (*Bismuth (III) nitrate*) kemurnian 71,0%, PbO (*Lead (II) Oxide*) kemurnian 99,0%, $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ (*Strontium nitrate*) kemurnian 99,0%, CaCO_3 (*Calcium Carbonate*) kemurnian 99,0%, CuO (*Copper (II) Oxide*) kemurnian 99,0%, dan AgNO_3 (*Silver Nitrate*) kemurnian 99,8%. Semua bahan-bahan tersebut berupa serbuk atau butiran-butiran kecil.

III.3. Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian untuk mendapatkan superkonduktor sistem BPSCCO/Ag sebagai berikut:



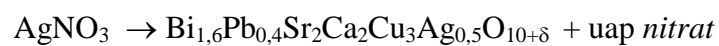
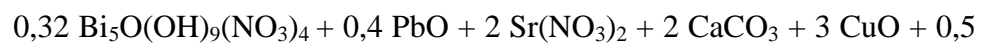
Gambar 3.1. Skema sintesis komposit superkonduktor sistem BPSCCO/Ag

III.4. Metode Penelitian

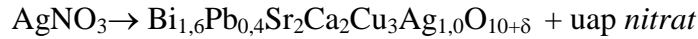
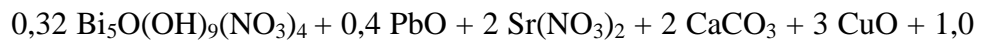
III.4.1. Penimbangan Bahan

Penimbangan bahan ini berdasarkan massa molekul dan jumlah mol bahan yang disesuaikan reaksi berikut ini:

1. Sampel 1



2. Sampel 2

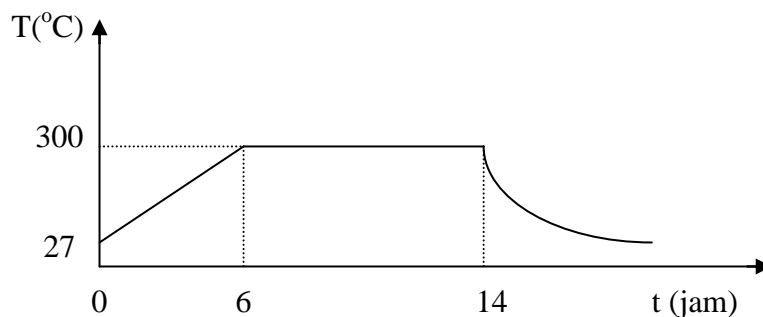


Setelah diperoleh massa bahan yang diperlukan, dilakukan penimbangan dengan timbangan *Ohaus* yang ada di Laboratorium Material Fisika FMIPA UNS.

III.4.2. Penggerusan Pertama

Setelah semua bahan ditimbang, kemudian digerus dalam mortar yang permukaannya licin, agar serbuk bahan penyusun tidak menempel pada mortar. Penggerusan dilakukan selama kurang lebih 8 jam, sampai diperoleh campuran menjadi homogen.

Hasil penggerusan kemudian dipirolisis menggunakan *Furnace Nabertherm* pada suhu konstan 300°C selama 8 jam, karena diperoleh bahan tidak dalam bentuk serbuk tetapi dalam bentuk campuran yang lembek, sehingga perlu dilakukan pemanasan agar semua air yang terkandung dalam bahan bisa menguap dan diperoleh bahan dalam bentuk padatan. Setelah dipirolisis, bahan tersebut digerus lagi selama 5 jam. Dengan tujuan agar didapatkan bahan dalam bentuk serbuk dan campuran menjadi homogen.

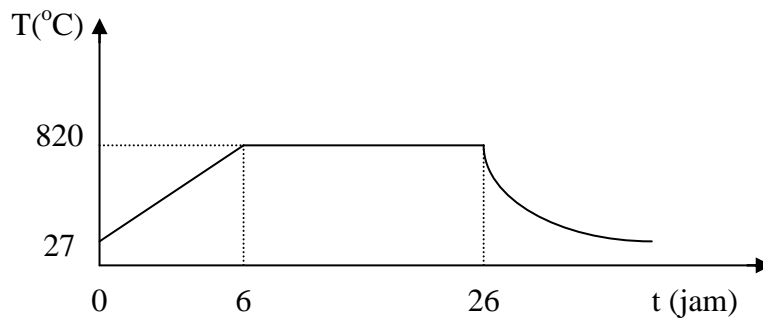


Gambar 3.2. Proses Pirolisis

III.4.3. Kalsinasi

Sampel hasil penggerusan pertama diletakkan dalam *crucible* untuk di-kalsinasi dalam *furnace* pada suhu konstan 820°C selama 20 jam, seperti pada

gambar 3.2. *Kalsinasi* dilakukan untuk memperoleh campuran dalam bentuk bongkahan partikel baru.



Gambar 3.3. Proses *kalsinasi*

Pada waktu proses *kalsinasi* berlangsung, di Laboratorium Pusat UNS mati lampu. Maka proses *kalsinasi* hanya dicapai pada suhu konstan 820°C selama 16 jam 23 menit. Pendinginan dilakukan di dalam furnace dalam keadaan tertutup.

III.4.4. *Penggerusan Kedua*

Sampel hasil kalsinasi berbentuk padat dan keras berwarna hitam, kemudian sebelum dipres menjadi pelet bahan superkonduktor digerus ulang sampai halus dengan menggunakan *pastel* dan *mortar*. Penggerusan kedua ini dilakukan dengan tujuan agar ukuran partikel menjadi homogen sehingga dapat mengurangi celah antar partikel saat dilakukan pengepresan. Selain itu juga bertujuan agar sampel hasil pengepresan benar-benar padat, sehingga tidak terjadi kerusakan setelah melalui proses sintering. Penggerusan kedua ini dilakukan selama kurang lebih 5 jam.

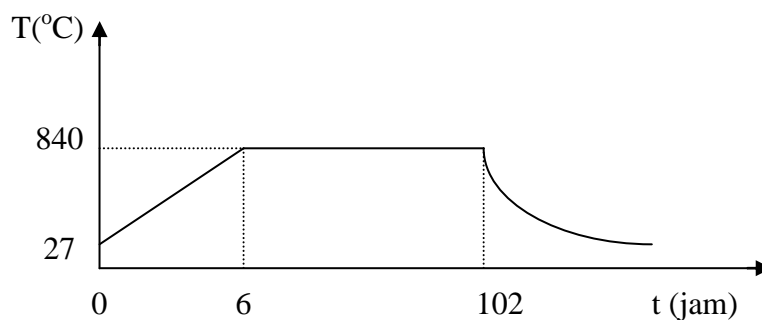
III.4.5. *Peletisasi*

Setelah dilakukan penggerusan kedua, sampel dimasukkan ke dalam cetakan pelet yang berbentuk silinder dengan diameter 0,8 cm dan panjang 5 cm, kemudian sampel dicetak dengan cetakan pelet yang ditekan menggunakan alat pengepres dengan alat penekan 10 ton selama ± 5 menit yang berada di ruang

bengkel Laboratorium Pusat UNS. Pembuatan pelet ini bertujuan agar partikel bahan campuran tersusun rapat dan padat sehingga apabila diberi perlakuan panas (*sintering*) yang tepat, akan terjadi proses difusi atom dan terbentuk ikatan yang kuat antar partikel.

III.4.6. *Sintering*

Sampel hasil pengepresan atau pelet dipanaskan pada suhu konstan 840°C selama 96 jam, yang mengikuti Gambar 3.2. Tujuan dari *sintering* ini adalah agar sampel menjadi lebih mampat sehingga diharapkan jarak antar partikel semakin dekat dan dengan memberikan suhu *sintering* yang tepat dapat meningkatkan jumlah fasa 2223 yang telah terbentuk pada proses *kalsinasi*. *Sintering* dilakukan dengan laju 140°C/jam, dimulai pada suhu 27°C sampai suhu mencapai 840°C. Pendinginan dilakukan di dalam furnace dalam keadaan tertutup.



Gambar 3.4. Proses *Sintering*

Sampel hasil sintering kemudian langsung dilakukan karakteristik yaitu uji *Meissner*, tetapi kedua sampel belum menunjukkan efek *Meissner*. Karena sampel secara fisik masih dalam keadaan baik, maka sampel disintering lagi dengan suhu konstan yang lebih tinggi dari sintering sebelumnya yaitu pada suhu konstan 845°C selama 96 jam. Tetapi pada waktu sintering berlangsung di Laboratorium Pusat UNS mati lampu, sehingga waktu yang dicapai saat proses sintering kedua ini adalah pada suhu konstan 845°C hanya selama 42 jam. Pendinginan dilakukan di dalam furnace dalam keadaan tertutup.

III.4.7. Karakterisasi

III.4.7.1. Uji *Meissner*

Uji ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui adanya sifat superkonduktivitas sampel yang telah dibuat. Langkah pertama yang dilakukan adalah merendam sampel dalam nitrogen cair sampai gelembung-gelembung udaranya tidak muncul lagi, setelah itu sampel diangkat kemudian di atas sampel diletakkan sebuah magnet. Jika magnet dapat melayang di atas sampel, maka bahan tersebut mengalami efek *Meissner*. Jika magnet tidak terangkat terdapat dua kemungkinan yaitu bahan tersebut bukan superkonduktor atau bahan superkonduktor dengan jumlah fasa pengotor banyak. Adapun skema uji *meissner* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Uji *Meissner* (Ismunandar, 2002)

III.4.7.2. Uji *T_c*

Uji ini untuk mengetahui hubungan antara harga resistivitas dan suhu. Harga resistivitas dan suhu dibuat grafik untuk mengukur temperatur kritis (*T_c*) dari sampel yang dibuat dengan metode empat probe (*four point probe method*). Untuk mengukur temperatur kritis dari sampel menggunakan alat yaitu *Leybold Didactic GMBH 666 205*.

Setelah diperoleh data berupa tegangan dan suhu, resistivitas dihitung dengan persamaan berikut (Wisnu, 2000):

$$\rho = 2\pi S \frac{V}{I} \quad (3.3)$$

dimana

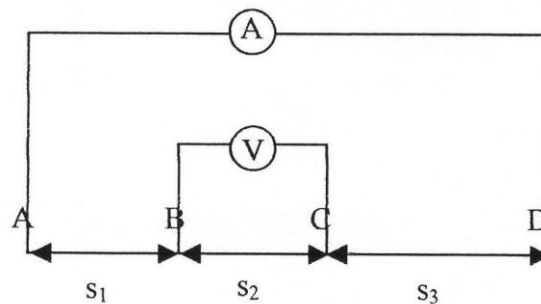
ρ = resistivitas

V = tegangan

I = arus

S = jarak antar probe

Resistivitas dan suhu dibuat grafik sehingga T_c masing – masing sampel dapat diketahui.



Gambar 3.6 Skema uji T_c metode pengukuran 4 probe

III.4.7.3. Uji *XRD*

Uji *XRD* digunakan untuk mengetahui identifikasi fasa yang terkandung dalam bahan superkonduktor tersebut. Sehingga dapat digunakan untuk membuktikan bahwa bahan superkonduktor ini termasuk ke dalam bahan superkonduktor atau tidak. Alat yang digunakan untuk uji *XRD* adalah alat *Shimadzu XRD 6000*.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1. Hasil dan Pembahasan Penelitian

Pembuatan superkonduktor BPSCCO/Ag telah dilakukan dengan menggunakan metode reaksi padatan, langkah-langkahnya yaitu menggerus bahan sampai benar-benar halus, dikalsinasi, digerus ulang, dipeletisasi, disintering dan dikarakterisasi dengan uji *Meissner*, uji T_c dan uji *XRD*. Sampel superkonduktor BPSCCO/Ag ini dibuat sebanyak 2 sampel dengan rumus kimia yang berbeda yaitu $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{Ag}_x\text{O}_{10+\delta}$ dengan nilai $x = 0,5$ dan $1,0$. Waktu dan suhu kalsinasi dan sintering yang diberikan untuk kedua sampel sama yaitu dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.1. Stoikiometri Sampel, Waktu dan Suhu Kalsinasi dan Sintering

Sampel	Stoikiometri	Suhu	Waktu	Suhu	Waktu
		Kalsinasi (°C)	Kalsinasi (jam)	Sintering (°C)	Sintering (jam)
1	$\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{Ag}_{0,5}\text{O}_{10+\delta}$	820	16:23	840	96
2	$\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{Ag}_{1,0}\text{O}_{10+\delta}$	820	16:23	840	96

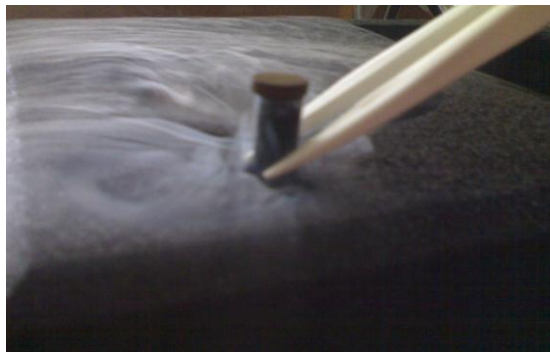
IV.2. Hasil dan Pembahasan Karakterisasi

IV.2.1. Uji *Meissner*

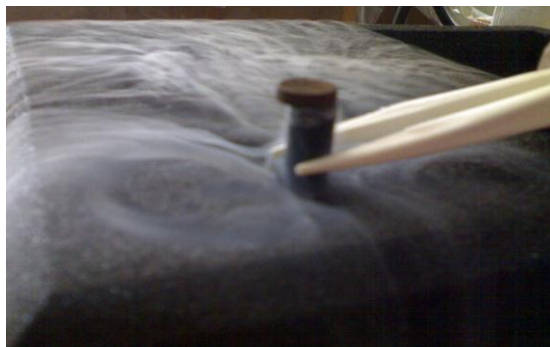
Uji *Meissner* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui adanya sifat superkonduktivitas sampel yang telah dibuat. Setiap sampel yang telah dibuat direndam dalam *sample holder* yang telah diisi dengan nitrogen cair. Setelah gelembung-gelembung udara yang muncul dari sampel sudah hilang, sampel langsung diangkat kemudian di atas sampel diletakkan super magnet.

Apabila suhu bahan superkonduktor diturunkan di bawah T_c secara tiba-tiba, maka bahan superkonduktor dapat menolak medan magnet yang melaluinya. Sebaliknya, jika suhu bahan superkonduktor dinaikkan di atas T_c , maka medan magnet secara tiba-tiba dapat menembus bahan superkonduktor (Omar, 1993). Di atas sampel ditaruh sebuah magnet statik kecil. Jika terjadi pelayangan di atas sampel, maka bahan tersebut mengalami efek *Meissner*. Jika tidak terjadi pelayangan terdapat dua kemungkinan yaitu bahan tersebut bukan superkonduktor atau bahan superkonduktor dengan jumlah fasa pengotor banyak.

Setelah dilakukan pengujian efek *Meissner*, dari kedua sampel yang telah dibuat tidak ada sampel yang mengalami efek *Meissner* kuat. Gambar hasil uji *Meissner* dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut ini :



Gambar 4.1. Hasil Uji *Meissner* Sampel 1



Gambar 4.2. Hasil Uji *Meissner* Sampel 2

Pada gambar hasil uji *Meissner* di atas, benda berbentuk silinder panjang adalah sampel superkonduktor yang telah dibuat, sedangkan yang berbentuk silinder pendek adalah super magnet yang digunakan untuk uji *Meissner*. Untuk sampel 1 efek *Meissner* tidak teramati sama sekali. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 bahwa tidak terjadi penolakan magnet oleh sampel. Sedangkan pada sampel 2 mengalami efek *Meissner* lemah. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 bahwa terjadi pergeseran magnet oleh sampel tetapi magnet tidak sampai terangkat.

Hal yang mungkin menyebabkan kedua sampel tidak menunjukkan efek *Meissner* yang kuat antara lain karena adanya pengotor pada sampel dan karena waktu yang dibutuhkan untuk kalsinasi dan sintering tidak sesuai yang diharapkan karena ada kendala mati lampu.

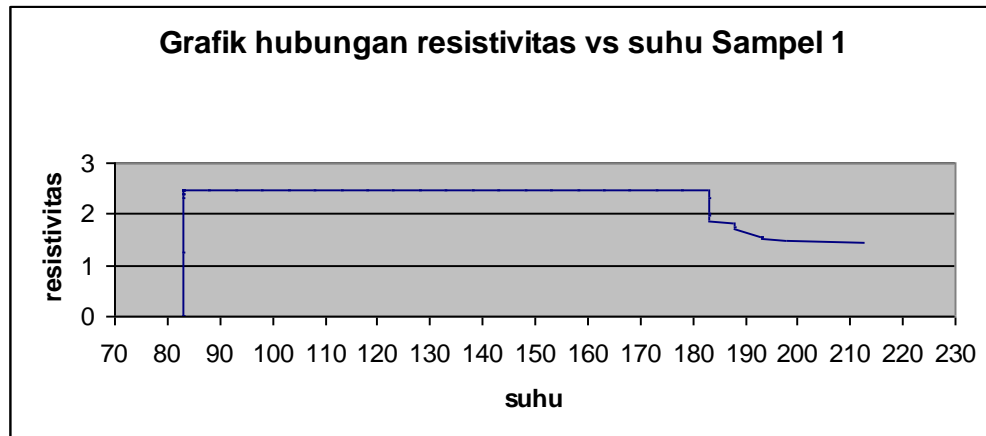
IV.2.2. Uji T_c

Uji T_c ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara resistivitas dengan suhu, dimana dari grafik tersebut dapat diketahui nilai suhu kritisnya. Material yang didinginkan di dalam nitrogen cair, resistivitas material akan turun seiring dengan penurunan suhu. Pada suhu tertentu, resistivitas material akan turun secara drastis menjadi nol.

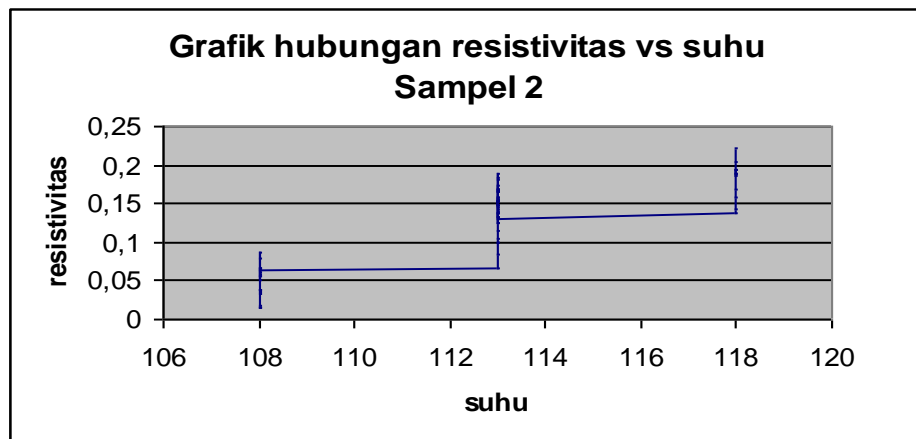
Alat yang digunakan untuk mengukur T_c adalah *Leybold Didactic GMBH 666 205* yaitu dengan menggunakan metode empat probe (*four point probe method*). Langkah pertama yang dilakukan adalah memasang sampel superkonduktor pada alat pengukur T_c , dengan S (jarak antar probe) dibuat sama. Menghubungkan TEMP,MESSWIDERST (pada Adaptor) ke INPUT A yang U bukan I (pada Sensor-CASSY). Menghubungkan SUPRALREITER (pada Adaptor) ke INPUT B (Pada Sensor-CASSY). Kemudian yang terakhir adalah memprogram CASSYLab.

Dari hasil pengukuran T_c , kedua sampel tidak menunjukkan suhu kritis (T_c) yang lebih dari atau sama dengan suhu kritis superkonduktor BSCCO fasa

2223 yaitu 110 K. Grafik hasil pengukuran T_c yaitu hubungan antara resistivitas dengan suhu dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 berikut ini :



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Resistivitas Vs Suhu Sampel 1



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Resistivitas Vs Suhu Sampel 2

Gambar 4.3 menunjukkan grafik hubungan resistivitas dengan suhu untuk sampel 1 yaitu sampel superkonduktor BPSCCO/Ag dengan perbandingan stoikiometri $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{Ag}_x\text{O}_{10+\delta}$ dengan nilai $x = 0,5$. Sedangkan Gambar 4.4 menunjukkan grafik hubungan resistivitas dengan suhu untuk sampel 2 yaitu sampel superkonduktor BPSCCO/Ag dengan perbandingan stoikiometri $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{Ag}_x\text{O}_{10+\delta}$ dengan nilai $x = 1,0$.

Bahan superkonduktor pada temperatur tertentu resistivitasnya sama dengan nol ($\rho = 0$). Pada Gambar 4.3 resistivitasnya semakin turun ketika terjadi kenaikan suhu, sedangkan menurut teori seharusnya resistivitas material akan turun seiring dengan penurunan suhu ketika didinginkan di dalam nitrogen cair. Hal ini mungkin disebabkan karena kontak antara sampel dengan four point probe kurang terhubung dengan baik. Pada Gambar 4.4 resistivitasnya turun seiring dengan penurunan suhu tetapi terjadi fluktuasi pada nilai resistivitasnya. Pada suhu tertentu nilai resistivitas untuk kedua sampel akan turun drastis menjadi nol. Suhu dimana terjadi penurunan resistivitas menjadi nol ini yang disebut dengan suhu kritis. Pada sampel 1 diperoleh suhu kritis sebesar 83 K sedangkan pada sampel 2 diperoleh suhu kritis sebesar 108 K. Dari kedua sampel belum memenuhi suhu kritis dari superkonduktor fase 2223 yaitu 110 K, tetapi suhu kritis kedua sampel sudah melebihi suhu dari nitrogen cair yaitu 77 K. Suhu kritis yang dicapai sampel 2 lebih baik dari sampel 1, karena pada sampel 2 penambahan Ag lebih banyak dari pada sampel 1. Penambahan Ag yang semakin banyak akan menghasilkan suhu kritis yang lebih tinggi karena Ag sendiri merupakan bahan yang mempunyai suhu kritis tinggi.

IV.2.3. Uji XRD

Untuk mengetahui bahwa sampel superkonduktor ini termasuk bahan superkonduktor atau bukan, maka dilakukan uji XRD. Dari hasil Uji XRD dapat diketahui kandungan fasa superkonduktor yang terkandung di dalam sampel. Sampel yang diuji hanya sampel 2 saja. Uji XRD ini menggunakan alat *Shimadzu XRD 6000*, dimana target yang digunakan adalah Cu. Alat *Shimadzu XRD 6000* diset pada tegangan 40 kV, arus 30 mA, celah divergen yang dipasang sebesar 1° , dan celah penerimanya sebesar 0,3 mm. Data difraksi (2θ) diambil pada rentang $5^\circ - 60^\circ$, dengan tipe *scanning kontinu* dan *step size* (2θ) sebesar $0,02^\circ$ serta *time per step* 0,24 detik.

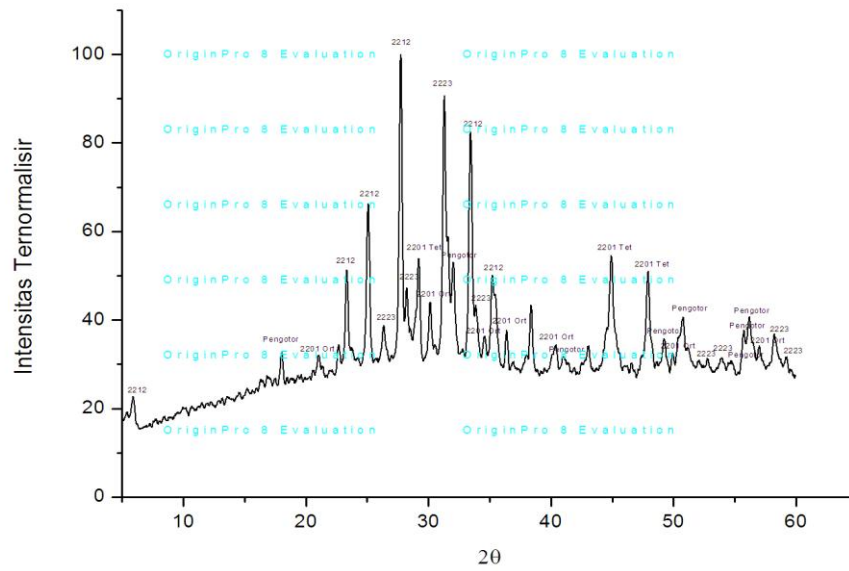
Cara mengidentifikasi fasa superkonduktor dari sampel adalah dengan menggambarkan grafik menggunakan program *Origin*[®] 8, dimana 2θ sebagai

sumbu x sedangkan intensitas sebagai sumbu y. Data yang digunakan adalah data XRD dan data JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*). Data JCPDS yang dimasukkan dalam program *Origin*[®] 8 adalah fasa 2223, fasa 2212, fasa 2201 orthorhombik dan tetragonal, dan fasa pengotor. Jadi dalam satu gambar terdapat enam grafik. Dari grafik yang dibuat kemudian mencari data 2θ JCPDS yang nilainya mendekati data 2θ XRD yang membentuk puncak-puncak.

Cara untuk memudahkan pembacaan identifikasi fasa pada grafik adalah memperbesar skala sumbu x, misalnya dari $5^\circ - 20^\circ$ kemudian dari $20^\circ - 40^\circ$ begitu seterusnya. Apabila pembacaan sudah selesai dilakukan maka skala sumbu x (2θ) dikembalikan lagi menjadi $5^\circ - 60^\circ$. Untuk melihat koordinat x dan y grafik pada *Origin*[®] 8 yaitu menggunakan *data reader*.

Hasil pengidentifikasian fasa sampel superkonduktor dapat dilihat pada Gambar 4.5. Ternyata dari hasil pengidentifikasian fasa, sampel tersebut termasuk bahan superkonduktor. Hal ini dapat dibuktikan dengan fasa-fasa yang muncul, fasa yang muncul adalah fasa-fasa superkonduktor diantaranya fasa 2223 muncul sebanyak 25%, fasa 2212 sebanyak 18,75%, fasa 2201 Orthorhombik sebanyak 21,875% dan fasa 2201 Tetragonal sebanyak 9,375%. Fasa superkonduktor yang paling banyak muncul dalam bahan ini adalah fasa 2223. Akan tetapi, fasa pengotor (Ca_2PbO_4) yang muncul juga sangat banyak yaitu 25%, hal ini mungkin disebabkan karena setelah proses sintering sampel tidak langsung diuji XRD. Jauh hari sesudah uji *Meissner* dan uji *T_c* dilakukan, sehingga banyak pengotor yang masuk ke dalam sampel tersebut.

GRAFIK IDENTIFIKASI FASA DATA XRD



Gambar 4.5. Hasil Pengidentifikasian Fasa

BAB V

PENUTUP

V.1. Kesimpulan

Dari penelitian dan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa :

1. Telah dilakukan pembuatan superkonduktor BPSCCO/Ag dengan rumus kimia $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{Ag}_x\text{O}_{10+\delta}$ dengan nilai $x = 0,5$ dan $1,0$ menggunakan metode padatan dan perlakuan untuk waktu dan suhu sintering sama yaitu selama 96 jam pada suhu konstan 840°C .

2. Karakterisasi

- 2.1 Uji *Meissner*

Dari hasil uji *Meissner*, untuk sampel 1 efek *Meissner*nya tidak teramati sedangkan untuk sampel 2 mengalami pergeseran super magnet oleh sampel tetapi tidak sampai terangkat. Dalam penelitian ini superkonduktor BPSCCO/Ag dengan rumus kimia $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{Ag}_x\text{O}_{10+\delta}$ dengan nilai $x = 0,5$ dan $1,0$ belum mampu menunjukkan efek *Meissner* yang kuat.

- 2.2 Uji T_c

Dari hasil Pengukuran T_c , sampel 1 diperoleh T_c sebesar 83 K sedangkan sampel 2 diperoleh T_c sebesar 108 K. Dalam penelitian ini superkonduktor BPSCCO/Ag dengan rumus kimia $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{Ag}_x\text{O}_{10+\delta}$ dengan nilai $x = 0,5$ dan $1,0$ belum mampu menunjukkan T_c yang besarnya lebih dari atau sama dengan T_c superkonduktor BSCCO fase 2223 yaitu 110 K.

- 2.3 Uji *XRD*

Dari hasil uji *XRD* untuk sampel 2 yaitu dengan tujuan untuk mengetahui bahwa bahan tersebut termasuk superkonduktor atau bukan . Dari hasil pengidentifikasian fasa bahwa sampel 2 ini termasuk bahan superkonduktor, hal ini dapat dibuktikan dengan munculnya fasa-fasa

superkonduktor diantaranya fasa 2223 25%, fasa 2212 18,75%, fasa 2201 Orthorhombik 21,875% , fasa 2201 Tetragonal 9,375% dan muncul fasa pengotor (Ca_2PbO_4) 25%.

V.2. Saran

Setelah melakukan sintesis superkonduktor BPSCCO/Ag, ternyata hasil yang diperoleh belum maksimal. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal perlu diperhatikan hal sebagai berikut:

1. Penggerusan dilakukan dengan hati-hati, agar tidak banyak bahan yang hilang dan tercampur dengan pengotor.
2. Sebelum melakukan kalsinasi atau sintering cari informasi tentang pemadaman listrik di Laboratorium Pusat UNS.
3. Dalam pemasangan sampel pada metode empat probe (alat Tc), pastikan antara sampel dan probe-probenya bisa terhubung dengan baik.
4. Sebaiknya uji *XRD* langsung dilakukan sesudah proses sintering.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Jeremie, J-C Grivel and R. Flukiger. 1993. *Bi,Pb (2212) and Bi (2223) formation in the Bi-PbSr-Ca-Cu-O system*, Matière Condensée, Switzerland. Journal of Supercond. Sci. Technol. **6** 730
- Aruku. 2009. *Superkonduktor*. Diakses 10 Maret 2010.
<http://aruku.byethost7.com/blog/articles/superkonduktor/>
- Chasanah, Risdiani. 2008. *Sintesis Superkonduktor Bi-Sr-Ca-Cu-O/Ag dengan Metode Sol-Gel*. Skripsi S-1 Fisika FMIPA UNS.
- Herlyn. 2008. *Pengaruh Lama Pemanasan Terhadap Konduktivitas Normal Superkonduktor Overdoped Pb (Bi-Pb)₂Sr₂Ca₂Cu₃O₁₀ Dengan Metode Melt-Textured*. Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Ismunandar dan Sen Cun. 2002. *Mengenal Superkonduktor*. Diakses 10 Maret 2010.
<http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?cetakartikel&1100396563>
- Julianto, Nur. 2003. *Sintesis Superkonduktor Sistem BSCCO dengan Doping Ni dan Doping Pb*. Skripsi S-1 Fisika FMIPA UNS.
- Novyanto, Okasatria. 2008. *Dasar-dasar Kristalografi pada Logam*. Diakses 8 Mei 2008.
<http://okasatria.blogspot.com/2008/05>
- Pikatan, Sugata. 1989. *Mengenal Superkonduktor*. Diakses 10 Maret 2010.
<http://geocities.com/dmipa/article/sp/konduktor.pdf>
- Pradeep Haldar and Leszek Motowidlo. 1992. *Processing High Critical Current Density Bi-2223 Wires and Tapes*. Science and industry's forum for state-of-the-art processing, fabrication and design technology.
- Purwati. 2002. *Sintesis Superkonduktor Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O dengan Variasi Bi dan Pb*. Skripsi S-1 Fisika FMIPA UNS.
- Rachmawati, Auliati. 2009. *Pengaruh Substitusi Sb pada Bi Terhadap Struktur Kristal dan Efek Meissner Dalam Sintesis Superkonduktor Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O Menggunakan Metode Padatan*. Skripsi S-1 Fisika FMIPA UNS.
- Ramelan, A.H. dan Harjana. 2004. *Fisika Zat Padat I*. Fisika FMIPA UNS.

- Siswanto. 1999. *Sintesis Superkonduktor Keramik BSCCO Fase Tc Tinggi (2223) Melalui Route Sol-Gel Sitrat*. Faculty of Mathematics and Natural Science Airlangga University: Surabaya. Diakses 10 Maret 2010.
<http://adln.lib.unair.ac.id/go.php?id=jiptunair-gdl-res-1999-siswanto-320-synthesis&PHPSESSID=e99ecec43aeb91a73c0e368ce140cf5f>
- Santosa, Usman dan Suhardjo Poertadji. 1996. *Pembuatan Superkonduktor dengan Metode Sol-Gel*. Seminar Fisika Lingkungan. Yogyakarta.
- Suprihatin. 2008. *Pengaruh Variasi Suhu Sintering dalam Sintesis Superkonduktor Bi-2212 Dengan Doping Pb (BPSCCO-2212) pada Suhu Kalsinasi 790°C*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Universitas Lampung. Diakses 16 Maret 2010.
http://digilib.unila.ac.id/files/disk1/23/laptunilapp-gdl-res-200suprihatin-1134-2007_lp_-1.pdf
- Windartun, 2010, *Superkonduktor*, didownload 9 juli 2010
<http://file.upi.edu/Direktori>
- Wisnu, A.A, Engkir Sukirman dan Didin S.Winatapura. 2000. *Faktor Koreksi Dimensi Sampel Pada Sifat Listrik Superkonduktor YBa₂Cu₃O_{7-x} Dengan Menggunakan Metode Four Point Probe*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Iptek Bahan, BATAN.
- Yunita, Tita. 2008. *Sintesis Superkonduktor Bi-Sr-Ca-Cu-O/Ag dengan Metode Padatan*. Skripsi S-1 Fisika FMIPA UNS.